

감마선 조사된 백삼의 생물학적 품질 및 저장특성

권중호[†] · 변명우* · 이수정** · 정형욱

경북대학교 식품공학과

*한국원자력연구소

**한국식품개발연구원

Biological Quality and Storage Characteristics of Gamma-Irradiated White Ginseng

Joong-Ho Kwon[†], Myung-Woo Byun*, Soo-Jeong Lee** and Hyung-Wook Chung

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

*Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-600, Korea

**Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea

Abstract

Microbiological quality of commercial white ginseng was examined, together with investigation on its water absorption pattern and radiosensitivity of molds isolated from the samples. Comparative effects of phosphine fumigation and gamma irradiation on microbial control and disinfestation of the samples packed in a commercial laminated film and stored for six months at ambient(20°C, 70% RH) and accelerated(40°C, 90% RH) conditions were studied. Commercial white ginseng was contaminated with coliforms by $10^3 \sim 10^4$ CFU/g and molds by $10^2 \sim 10^4$ CFU/g and thus decontamination process was required for hygienic quality and storage stability. Phosphine fumigation showed no sterilizing effects on microbes contaminated, while gamma irradiation at around 5kGy was effective for decontaminating microorganisms, showing D_{10} values of 0.48~0.60kGy for isolated molds. Even though the storage insects, *Plodia interpunctella* Hubner and *Lasioderma serricorne*(cigarette beetle) were easily destroyed by phosphine fumigation, gamma irradiation less than 5kGy was found effective for both purposes to improve biological quality of stored white ginseng, thereby extending the storage life of packed samples resulting from increased critical moisture content by about 1%(Aw 0.76).

Key words: white ginseng, microbiological quality, disinfestation, irradiation, phosphine, storage

서 론

국내 인삼제품의 검사기준(1,2)은 백삼분말의 경우 수분함량이 9.0% 이하, 세균수는 5×10^4 /g 이하, 대장균군은 음성이어야 한다. 백삼의 경우에는 미생물학적 기준은 없으나 건조상태(수분 13% 이하)와 외관이 양호하면 검사품으로서 상품화되고 있다. 그러나 원료 인삼은 수확, 박피, 수세, 건조, 수송, 분쇄, 포장 등 제품의 제조과정에서 미생물이나 저장해충에 의해 쉽게 오염되므로 분말의 경우에는 살균공정이, 백삼의 경우에는 살충 공정이 필요하게 되며, 특히 나날이 그 장벽이 높아지고 있는 수입국의 품질규격 기준을 고려할 때 효과적인 살균·살충법의 개발은 인삼제품의 수출 증대와

시장 확대에 필수적인 요소가 될 것이다.

지금까지 인삼제품을 포함한 건조식품의 살균방법으로는 ethylene oxide(EO) gas 훈증법이 대부분 이용되었으나 살균 효과의 불충분, 품질 열화, 처리용량 부족, 2차 오염가능성, 잔류성분, 작업자의 안전, 환경 공해 등이 문제점으로 지적되면서(3,4) 국내에서도 지난 1991년 식품 살균용 EO gas의 사용이 금지된 바 있다. 또한 백삼을 포함한 건조식품의 살충방법으로서 에 피롬정(aluminum phosphide, phosphine gas, PH_3)을 사용한 훈증법이 주로 이용되고 있으나 작업이 복잡하고 살균 효과가 전혀 없으며 처리 용량, 작업자의 안전, 환경 공해 등의 측면에서 대체 기술의 개발이 요구되고 있다(5).

[†]To whom all correspondence should be addressed

본 연구에서는 최근 식품산업에서 기술적, 경제적 타당성이 인정되어 실용화 기반을 넓혀가고 있는 감마선 조사기술(6)을 이용하여 백삼의 생물학적 품질개선 및 저장 중 품질안정성 향상을 목적으로 현행 포장 백삼에 오염된 미생물의 분포와 이들의 혼증제 처리 및 감마선 조사에 의한 감수성을 확인하였다. 아울러 백삼의 저장해충 사멸효과와 감마선 조사에 따른 저장 특성을 예측하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 백삼시료는 1995년 11월 풍기인삼협동조합에서 제조된 곡삼제품(4년근, 1등급, 25편기준)으로서 살균이나 살충과정을 거치지 않고 비교적 외관 품질이 양호한 것만을 선별하여 사용하였다. 저장 실험에 사용된 백삼은 시중에 유통되고 있는 제품과 동일하게 탈산소재(태풍결(社)제품)를 넣어서 비닐백(nylon 15 μ m/polyethylene 75 μ m 집합 포장재)에 200g 단위로 포장하였으며, 이 때 사용된 포장재의 특성은 두께 0.094 mm, 산소 투과도 68cc/m²·24hr·atm 및 투습도 7.45g/m²·24hrs였다.

시료의 전처리 및 저장

저장백삼의 해충구제를 위하여 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 aluminum phosphide(A1P, MW. 57.96, 상품명: 에피롬정)를 상법에 따라 처리하였다. 즉, 포장을 개봉한 백삼을 에피롬정과 함께 대형 desiccator에 넣고, 72시간 동안 밀폐, 방치한 뒤 개봉하여 무균실에서 재포장하였다. 또한 백삼시료의 감마선 조사는 한국 원자력연구소에 소재하는 Co-60 감마선원을 이용하여 완 포장된 시료에 대하여 실온에서 1~10kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 이 때 흡수선량의 확인을 위하여 free radical dosimeter와 ceric cerous dosimeter를 이용하였다. 이상과 같이 처리된 시료는 무처리 대조시료와 함께 가속저장시험에 사용되었는데, 본 연구에서는 연구시간의 제한으로 가속조건(40°C/90% RH) 과 비교시험으로서 상온조건(20°C/70% RH)에 각각 6개월간 저장하면서 품질안정성 시험을 실시하였다.

생균수 검사

호기성 총세균은 APHA 표준방법(7)에 따라 TGY-Agar(Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양한 후 집락을 계수하였다. 대장균군은 desoxycholate agar(Difco, Lab.)를 사용한 pour plate method에 의해

37°C에서 1~2일간 배양 후 집락을 계수하는 방법으로 각각 조사되었다(8). 총 곰팡이는 MYG-chloramphenicol agar(malt extract 10g, yeast extract 4g, glucose 4g, agar 20g, chloramphenicol 20mg/L, pH 6.0)를 사용하여 30°C에서 5~7일간 배양한 후 계수하였으며(9), 모든 실험은 3반복으로 실시하여 colony forming unit/g(CFU/g)으로 나타내었다.

곰팡이의 분리 및 동정

상기 MYG-chloramphenicol agar를 사용한 평판배지에서 순수 분리된 곰팡이를 Czapek-Dox 배지에 접종한 후 30°C에서 5~30일간 배양하면서 광학현미경과 해부현미경으로 형태적 특성을 관찰하고, Raper와 Fennel의 The Genus Aspergillus(10)와 Raper 등의 Manual of the Penicilli(11)의 방법에 따라 동정하였다.

곰팡이의 방사선 감수성 측정

분리 동정된 각 곰팡이는 potato dextrose agar(Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 7~10일간 사면 배양한 후 생성된 분생포자를 차가운 M/10 phosphate buffer(pH 6.5)로 수집하고, 이를 여과하여 여액의 분생포자 농도를 10⁷~10⁸개/ml가 되도록 조절하였다(12). 조제된 포자현탁액 2.0ml를 시험관(φ 1.0×10cm)에 옮겨 담고, Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 70Gy/min의 선량률로 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5kGy의 선량을 각각 조사하였다. 감마선 조사 직후 포자현탁액을 차가운 M/10 phosphate buffer로 적당히 희석하여 potato dextrose agar(Difco, Lab.) 평판배지에 0.2ml씩 접종하고 30°C에서 3~5일간 배양한 후 형성된 집락을 계수하였다.

해충사육 및 방사선 조사

시료백삼을 10뿌리씩 plastic통(15×30×15cm)에 담고 분리 동정된 해충인 화랑곡나방(*Plodia interpunctella* Hubner)과 권련벌레(*Lasioderma serricorne*, cigarette beetle) 성충을 각각 혼입하여 방사로 통을 봉한 후, Co-60 감마선 조사시설을 이용 0.25, 0.5, 1.0 및 2.5kGy를 각각 조사하였다. 해충의 사육은 사육상(30±2°C, RH 70%)에서 장기간 저장하면서 해충의 생육상태와 외관적 특성변화를 조사하였다(13).

백삼 및 포장재의 흡습특성 조사

수분함량이 13% 이하로 건조된 백삼을 오산화인 데시케이터 내에서 일주일간 건조시킨 후 포화염 용액으로 조제된(14) 여러 상대습도 조건하(11% RH~96%

RH)에서 백삼의 탈습 및 흡습 특성을 조사함으로써 등온흡습곡선을 구하고, Brunauer-Emmet-Teller theory (15)에서 유도된 BET 변형식(16)에 의해 단분자층 수분함량을 산출하였다. 또한 가속저장 조건인 40°C/90% RH의 조건하에서 현행 백삼포장재(nylon 15µm/PE 75 µm 집합포장재)의 투습특성과 흡습률 상수를 구하였으며, 아울러 여러 상대습도하에서 미생물적, 관능적 품질을 기준으로 백삼의 위험수분 함량을 얻고 20°C/70% RH에서의 저장 수명을 아래 Paine(17)의 환산식에 따라 산출하였다.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^k \left(\frac{R_1 - \frac{R_o + R_c}{2}}{R_2 - \frac{R_o + R_c}{2}} \right)$$

T_2 : 구하고자 하는 조건에서의 저장수명(20°C, 70% RH)

T_1 : 가속시험 조건에서의 저장수명(40°C, 90% RH에서의 위험 수분 도달시간)

P_1 : 가속시험 온도의 포화수증기압(40°C=55.3mmHg)

P_2 : 구하고자 하는 조건의 온도에서 포화수증기압(20°C=17.53mmHg)

R_1 : 가속시험 조건의 RH(90%)

R_2 : 구하고자 하는 조건의 RH(70%)

R_o : 식품 초기 ERH

R_c : 식품 위험 ERH

k : 포장재의 투습도 상수

결과 및 고찰

백삼의 생물학적 품질개선

백삼의 장기 안전저장의 문제점은 미생물 특히, 곰

팡이의 오염과 해충발생의 피해이다. 본 실험에서 사용된 4년근 백삼의 미생물 오염도는 호기성 총세균이 $10^4 \sim 10^5$ CFU/g, 곰팡이가 $10^2 \sim 10^3$ CFU/g, 특히 식품 위생지표 세균인 대장균군도 $10^3 \sim 10^4$ CFU/g으로 높은 오염도를 보였다. 백삼의 경우 국내 품질검사기준(2)은 수분함량이 13% 이하이고 외관이 양호하면 검사제품으로 출하·유통되고 있으나 아직 위생적 측면 즉, 미생물의 오염규정은 고려되고 있지 않다(1). 그러나 본 실험에서 확인된 백삼의 미생물 오염도 특히, 높은 대장균군 오염은 공중위생상 문제점을 야기할 수 있으며, 제조공정에서의 적절한 살균처리가 요구되는 것으로 나타났다(Table 1)

오염 미생물에 대한 감마선 조사의 살균효과는 2.5 kGy 조사로써 모든 미생물을 1~2 log cycle 정도 감소시켰다. 5kGy 조사는 호기성 총세균을 3 log cycle 격감시켰으며, 곰팡이 및 대장균군은 검출한계 이하로 사멸되었고, 10kGy 조사시에는 모든 미생물이 완전 사멸되었다. 그러나 현행 백삼의 살충제로 가장 많이 사용되고 있는 phosphine gas에 의한 훈증 처리는 모든 미생물에 대하여 살균효과를 나타내지 않았다.

저장 기간에 따른 백삼의 미생물 생육양상은 가속시험구인 40°C/90% RH 조건에 저장했을 경우 모든 시험구에서 호기성 총세균과 대장균군은 저장 기간의 경과와 더불어 감소되었다. 이는 일반 세균류의 생육 적온인 30~37°C보다 높은 온도에서 장기간 저장함에 따라 세균류의 불활성화가 그 원인으로 생각되며, 곰팡이는 대조구와 phosphine gas 처리구에서만 1 log cycle 이상의 증식을 나타내었다. 그러나 20°C/70% RH 저장조건에서는 대조구와 phosphine gas 처리구 모두 모든 미생물이 증식을 보였고, 5kGy 이상 조사구에서는 저장 6개월까지도 모든 미생물의 생육과 증식이 없이 안정

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and PH₃ fumigation on the microbial growth in white ginseng during storage at 20°C/70% RH and 40°C/90% RH

Storage period (month)	Micro-organism	20°C/70% RH					40°C/90% RH				
		Control	2.5kGy	5.0kGy	10kGy	PH ₃	Control	2.5kGy	5.0kGy	10kGy	PH ₃
0	Total bacteria	4.1×10^4	8.5×10^2	3.0×10^1	0	3.2×10^4	4.1×10^4	8.5×10^2	3.0×10^1	0	3.2×10^4
	Molds	1.5×10^2	3.0×10^1	0	0	1.3×10^2	1.5×10^2	3.0×10^1	0	0	1.3×10^2
	Coliforms	1.6×10^3	3.0×10^2	0	0	8.2×10^2	1.6×10^3	3.0×10^2	0	0	8.2×10^2
2	Total bacteria	4.3×10^3	5.3×10^2	4.5×10^1	0	3.4×10^3	1.5×10^3	2.0×10^2	0	0	1.2×10^3
	Molds	1.6×10^2	2.7×10^1	0	0	1.7×10^2	2.1×10^2	0	0	0	1.8×10^2
	Coliforms	1.8×10^3	3.0×10^2	0	0	9.4×10^2	3.2×10^2	6.0×10^1	0	0	1.0×10^2
4	Total bacteria	2.1×10^4	3.0×10^3	2.3×10^2	0	9.8×10^3	5.5×10^2	1.0×10^2	0	0	3.0×10^2
	Molds	1.4×10^2	0	0	0	1.5×10^2	5.6×10^2	0	0	0	6.0×10^2
	Coliforms	2.1×10^3	3.4×10^2	0	0	1.1×10^3	1.0×10^2	0	0	0	3.0×10^1
6	Total bacteria	6.1×10^4	5.1×10^3	4.5×10^2	0	1.6×10^5	1.6×10^2	0	0	0	1.0×10^2
	Molds	1.9×10^2	0	0	0	1.6×10^2	2.1×10^3	0	0	0	1.4×10^3
	Coliforms	5.5×10^3	4.8×10^2	0	0	1.5×10^3	0	0	0	0	0

된 미생물학적 품질을 유지할 수 있었다(Table 1).

특히 백삼의 저장 중 미생물적 변질의 원인이 되는 곰팡이를 분리 동정한 결과, *Aspergillus*속 2종(*Aspergillus niger*와 *Aspergillus tamarii* kita)과 *Penicillium*속 1종(*Penicillium jenseni*)이 각각 확인되었다. 일반적으로 미생물의 방사선 감수성은 생존곡선(survival curve)과 D_{10} 값(초기 미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 선량)으로 나타내며, D_{10} 값은 $\log_{10} N_0/N = D/D_{10}$ 으로서 N_0 은 방사선 조사직전의 미생물수, N 은 조사 직후의 생존 미생물수, D 는 조사선량이다. 또한 이들의 치사선량(lethal dose, D_R)은 $D_R = I + nD_{10}$ 의 공식으로 유도되는데, 여기서 I 는 유도선량(induction dose or shoulder dose), n 은 불활성화 계수(inactivation factor)이다(18,19). 여기서 I 와 D_{10} 값은 미생물의 종류와 생육 조건에 따라 달라질 수 있고 n 값은 살균목적 즉, 어떤 식품 중의 미생물을 어느 정도 사멸시킬 것인가에 따라 변화될 수 있다. 실제로 완전살균의 경우라도 미생물의 한계농도 때문에 그 값은 12를 초과할 수 없다($n \leq 12$). 즉 어떤 미생물의 방사선 감수성을 나타내는 D_w 값을 알고 $n=12$ 를 대입하면 완전살균에 필요한 방사선 조사 선량이 구해진다. 고선량 조사에서 I 값은 거의 무시되기도 하며, 그렇게 되면 완전 살균선량은 $D_R = 12D_{10}$ 이 된다.

본 실험의 백삼시료에서 분리된 3종의 곰팡이에 대하여 방사선 감수성은 생존곡선(Fig. 1)과 이들 생존곡선으로부터 얻어지는 D_{10} 값, $12D_{10}$ 값 및 백삼 저장성 연

장시 적정선량으로 예상되는 5kGy에서의 불활성화 계수(n)를 각각 구하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 2). 먼저 생존곡선에서 이들 3종의 곰팡이 포자의 유도 선량(I)은 0.10~0.16kGy로서, 거의 무시될 정도의 방사선 표적이 여러개 있다고 하는 multitarget theory로서 설명될 수 있었다(20). 방사선의 표적은 생명현상을 지배하는 DNA로서 DNA분자에 미치는 손상기작은 불분명하지만 세포내의 DNA 공유결합 절단으로 푸린이나 피리미딘 염기가 소실되어 치명적인 돌연변이가 일어나거나 절단된 DNA가 다시 수복되지 못하면 사멸된다는 것이다(21).

D_{10} 값으로 나타낸 방사선 감수성은 *Pen. jenseni*가 0.48kGy로 가장 낮았으며, *Asp. tamarii* kita가 0.57kGy, *Asp. niger*가 0.60kGy였다. 또한 이들의 완전살균 즉, $12D_{10}$ 값은 5.86~7.36kGy 범위의 조사선량이 요구되었으며 5kGy 조사선량에서의 불활성화 계수는 8.1~10.2 범위로 나타나 백삼에 오염된 곰팡이 포자수를 10^{-10} ~ 10^{-8} 으로 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

한편 백삼의 장기 저장시 또 하나의 문제점은 해충의 피해인데 백삼의 주요 해충으로는 화랑곡나방과 권련벌레 등이 일반적으로 알려지고 있다(22). 모든 식품 가공시 해충의 오염은 제품의 질과 양적인 면에서 큰 손실을 초래하게 되므로 특히 인체에 무해한 방제법으로 해충의 해를 극소화시켜야 한다. 본 연구에 사용된 백삼의 경우는 저장 6개월까지도 무처리구나 살균처리구 모두 이들 해충의 발생이 관찰되지 않았다. 이는 본 연구에 사용된 시료가 전문기관에 의뢰하여 제조된 것으로서 철저한 품질관리에 의해 해충의 혼입이 없었음이 그 원인으로 생각되나, 일반 제조 백삼의 저장시에는 저장해충의 피해가 발생되므로(22) 그 방제법으로써 화학훈증제가 사용되고 있다.

따라서 백삼에 인위적으로 화랑곡나방과 권련벌레를 혼입하여 0.25~2.5kGy 선량의 감마선 조사와 phosphine gas 처리후 30°C 사육상에서 생육상태를 관찰한 결과, 무처리 대조구에서는 많은 해충의 증식으로 저장 3개월에 거의 상품적 가치를 상실한 데 반하여 1.0kGy 이상 조사구와 phosphine gas 처리구에서는 저

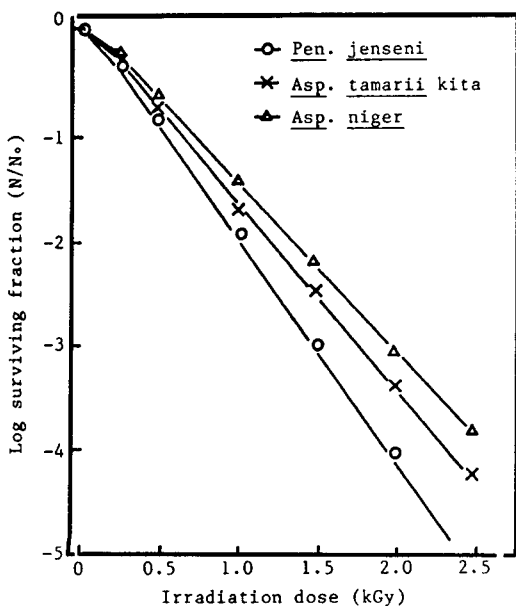


Fig. 1. Radiation survival curves for conidia of molds isolated from white ginseng.

Table 2. Radiosensitivity of molds isolated from white ginseng

Strain	D_{10} value (kGy)	Induction dose (kGy)	$12D_{10}$ value (kGy)	Inactivation factor at 5kGy
<i>Pen. jenseni</i>	0.48	0.10	5.86	10.2
<i>Asp. tamarii</i> kita	0.57	0.12	6.96	8.6
<i>Asp. niger</i>	0.60	0.16	7.36	8.1

장 6개월 이후에도 전혀 해충발생이 없이 저장초기나 유사한 외관을 나타내었다.

변 등(13)은 화랑곡나방과 쌀바구미의 링기별 방사선 감수성을 조사한 결과, 화랑곡나방의 경우 불임선량은 난(卵)이 0.04~0.05kGy, 유충은 0.05~0.06kGy, 번데기는 0.20~0.25kGy였고, 쌀바구미는 난과 유충이 0.05kGy, 용과 성충은 방사선 감수성이 낮아 0.5kGy 정도였다. 따라서 화랑곡나방과 쌀바구미의 방제를 위해서는 0.3~0.5kGy 정도의 선량이 요구되었으며, 이는 Amuh(23)가 보고한 바구미류나 나방류의 복합 방제를 위한 적정선량인 0.50kGy와 유사한 결과였다.

이상의 저장백삼에 대한 생물학적 품질시험 결과를 볼 때, 5.0kGy 수준의 감마선 조사는 백삼의 장기저장 중 해충의 구제는 물론, 식품 위생지표 세균인 대장균군과 변패원인 미생물인 곰팡이의 완전살균으로 백삼의 위생적 품질개선 뿐만 아니라 장기 저장시에도 생물학적 품질안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 예상되었다.

백삼의 흡습특성과 저장수명 예측

현재 백삼은 접합포장재(nylon 15 μ m/PE 75 μ m)에 의해 300g 단위로 포장되어 대부분 유통되고 있으며, 본 실험에서는 이 포장재를 사용할 시 흡습 특성과 상온조건(20°C/70% RH)에서의 백삼 저장수명을 가속시험(40°C/90% RH) 결과를 바탕으로 하여 예측해 보았다. 먼저 등은흡습곡선을 얻기 위해 백삼시료를 오산화인 데시케이터 내에서 수분함량을 일정하게 조절하고 여러 습도의 chamber내에 보관하면서 흡습 및 탈습을 측정하였으며, 이 때 백삼의 초기 수분함량(IMC)은 약 8.5%였다.

백삼의 등은흡습곡선은 다른 건조식품의 경우와 같이 전형적인 sigmoid 곡선을 나타내었으며, 평형수분(ERH)은 43.5%였고 RH 11%에서 RH 95%까지의 흡습량은 4.8g/100g~24.9g/100g 범위였다(Fig. 2). 또한 등은흡습곡선과 BET 변형식에 의해 백삼의 단분자층 수분함량을 구한 결과는 5.06g(d.b.)/100g이었으며, 이러한 단분자층 수분함량을 유지하기 위한 수분활성도는 0.17 범위로 나타났다(Fig. 3). Salwin(24)은 일부 건조식품에서 가장 좋은 저장성을 유지할 수 있는 수분함량은 물 분자가 식품내에서 단일분자막을 형성한다고 생각되는 수분함량과 일치한다고 보고한 바 있다. 노 등(25)은 백삼 및 백삼분말의 상대습도별 품질안정성 실험에서 단분자층 수분함량은 백삼이 6.68g/100g, 백삼분말이 7.81g/100g이며, 이에 해당하는 수분활성도는 각각 0.16 및 0.18이라고 보고한 바 있어 본 실험의 결과와 유사하였다. 또한 도 등(26)은 홍삼 및 홍삼

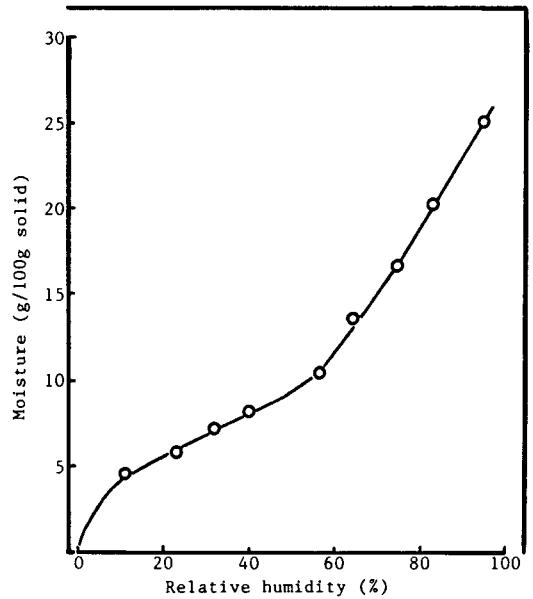


Fig. 2. Adsorption isotherm for white ginseng at 40°C.

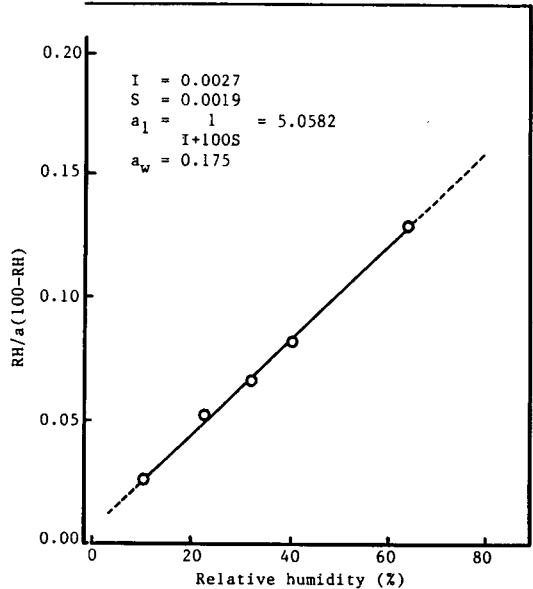


Fig. 3. Modified B.E.T. moisture-sorption isotherm for white ginseng at 40°C and 90% RH.

분말에 대한 저장성 연구에서 홍삼의 단분자층 수분함량은 3.52g/100g(A_w 0.14)이고, 홍삼분말은 6.37g/100g(A_w 0.16)이라고 하여 백삼보다 다소 낮은 값을 알 수 있었다.

여러 상대습도 조건하에 보관된 백삼시료의 상품성을 미생물적 및 관능적 특성에 의해 조사하면서 위험수

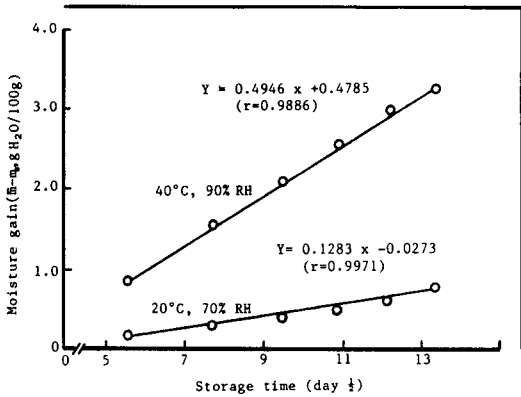


Fig. 4. Relationship between the moisture gain and the square root of storage time for white ginseng packed in nylon 15 μ m/PE 75 μ m-laminated film.

분(CMC)을 산출해 본 결과, 무처리 대조시료는 약 16.0%였고, 이때 Aw는 0.74였다. 이 같은 결과를 바탕으로 40°C/90% RH 고온조건에 저장된 포장시료의 흡습특성을 조사해 본 결과 수분함량 증가는 $Y=1.0249X+9.5347(r=0.9886)$ 의 방정식으로 나타낼 수 있었고, 흡습률 상수는 0.4946으로 산출되었다(Fig. 4). 그리고 포장백삼의 흡습속도는 저장 온도 및 상대습도가 높을수록 증가되는 것으로 나타나 박 등(27)의 홍삼제품에 대한 연구결과와 잘 일치하였다.

미육군 Natick 연구소에서는 각종 군용식량에 대하여 열대, 한대 및 온대지방 조건에서의 shelf-life 연구를 수행하였으며, 열대조건인 38°C/포화습도 조건에서 6개월 저장 가능한 식품은 온대조건인 21°C/70% RH에서는 2년간 저장이 가능하다는 경험적 결과를 발표한 바 있다(28). 따라서 본 연구에서는 38°C/포화습도 조건과 본 시험에 사용된 40°C/90% RH 조건을 식품의 품질에 미치는 영향이 대등한 것으로 간주하였다. 그리하여 Paine 식(17)에 의하여 무처리 대조군 시료의 상온 저장 수명을 환산해 보면, 초기수분함량 8.5% 이때의 Aw는 0.44, 위험수분에 도달하는 기간은 약 162일(5.4개월), 상온(20°C/70% RH) 조건에서는 약 1,400일(46개월) 걸릴 것으로 예측되었다. 그러나 백삼에 오염된 미생물을 대부분 살균시킬 수 있는 5kGy 조사군의 경우에는 미생물적 및 관능적 품질이 저장 6개월까지도 가식한계선(평점 2.5; 양호하다와 나쁘다의 중간치)(29) 이상을 유지하고 있어 정확한 예측은 어려우나 위험수분이 약 17%, 이 때의 Aw는 0.76이었고, 위험수분 도달 기간은 고온에서 약 180일(6개월), 상온에서는 약 1,677일(56개월) 걸릴 것으로 예상되었다.

이상의 흡습 특성 및 저장수명 시험결과를 종합하여

현행 유통되고 있는 포장백삼(nylon 15 μ m/PE 75 μ m)의 저장수명을 흡습 및 외관적 품질열화 관점에서 예측하여 본다면 고온조건에서는 약 5.4개월, 상온조건에서는 2년 이상 충분히 유통될 수 있다 하겠다. 또한 적정 선량의 감마선을 조사할 경우에는 제품의 생물학적 품질안정성을 향상시킴으로써 저장수명이 더 연장될 것으로 예측되었다. 그러나 본 실험은 연구기간의 제약 때문에 가속저장시험 결과에 의해 상온에서의 shelf-life를 예측하였으므로 약간의 불확실성은 내재해 있을 것으로 생각되며, 보다 정확하고 신뢰도 높은 결과를 얻기 위해서는 수차의 반복시험에 의한 장기간의 확인시험이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

유통되고 있는 포장백삼의 미생물학적 품질을 평가하고 저장 중 품질변화와 관련하여 흡습패턴 및 분리 곰팡이에 대한 방사선 감수성을 조사하였다. 또한 오염 미생물 및 저장해충에 대한 화학훈증제(phosphine)와 감마선 처리의 살균·살충효과를 상온(20°C, 70% RH) 및 가속(40°C, 90% RH) 조건에서 6개월간 비교하였다. 시료 백삼에는 대장균군($10^3 \sim 10^4$ /g), 곰팡이($10^2 \sim 10^4$ /g) 등이 오염되어 있어서 위생적 품질과 저장안정성 측면에서 살균처리가 요구되었다. Phosphine 처리는 오염미생물에 대하여 살균효과가 전혀 없었으나 5kGy 범위의 감마선 조사는 살균효과가 우수하였다(곰팡이 D₁₀: 0.48~0.60kGy). 한편 백삼의 저장해충인 화랑곡나방과 관련벌레는 훈증 및 감마선(1kGy) 처리에 의해 방제가 가능하였다. 그러나 5kGy 이하의 감마선 조사는 저장백삼의 미생물 살균 및 저장해충의 사멸에 따라 포장백삼의 한계수분량(CMC)을 증가시킴으로써(약 1%, Aw 0.76) 저장수명을 연장시킬 수 있는 것으로 예측되었다.

감사의 글

본 논문은 과학기술부 원자력연구개발과제의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. The Ministry of Health and Welfare in Korea : Food Standard Code. Seoul, p. 511(1997)
2. 대한민국 인삼사업법 시행규칙, 재무부령 제 1834호(1990. 9. 15)
3. Kwon, J. H., Kim, S. W., Byun, M. W., Cho, H. O. and Lee, K. D. : Determination of ethylene oxide residue and its secondary products in the powdered food. *J.*

- Food Hygiene and Safety*, **9**, 43(1994)
4. Vajdi, M. and Pereire, R. R. : Comparative effects of ethylene oxide, γ -irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893(1973)
 5. EPA : EPA acts to ban EDB pesticides. Environmental News, Environmental Protection Agency, Washington, D.C.(1983)
 6. The Ministry of Health and Welfare in Korea : Food Standard Code. Seoul, p.100(1997)
 7. APHA : *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Speck, M.(ed.), American Public Health Association, Washington, D.C.(1976)
 8. 서울특별시 보건연구소 : 병원 미생물 검사요원 교재. p.18 (1976)
 9. Muhamad, L. J., Ito, H., Watanabe, H. and Tamura, N. : Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 347(1986)
 10. Raper, K. B. and Fennel, D. I. : *The Genus Aspergillus*. Robert E. Krieger Pub. Co., Huntington, New York p.36(1973)
 11. Raper, K. B., Thom, C. and Fennel, D. I. : *Manual of the Penicilli*. The Williams and Wilkins Co, New York, p.237(1949)
 12. Choi, E. H. : Studies on the radiosensitivities and DNA damage by ionizing radiation in microorganisms. Department of Agricultural Chemistry, Graduate School, Seoul National University, p.9(1980)
 13. Byun, M. W., Kwon, J. H., Cha, B. S., Chung, K. H. and Cho, H. O. : Control of insects on stored rice grain by gamma irradiation (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **31**, 143(1988)
 14. Rockland, L. B. : Saturated salt solutions for static control of relative humidity 5°C and 40 °C. *Anal. Chem.*, **32**, 1375(1960)
 15. Brunauer, S., Emmet, P. H. and Teller, E. : Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 309(1938)
 16. Salwin, H. : The role of moisture content in deteriorative reactions of dehydrated foods. In "*Freeze Drying of Foods*" Fisher, F. R.(ed.), Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Counc., Washington, D.C., p.58(1962)
 17. Paine, F. A. : Shelf-life of packed articles. In "*Fundamentals of packaging*" Blackie and Sons, Ltd., London, p.275(1962)
 18. IAEA : *Training manual on food irradiation technology and techniques*. Technical reports series No. 114, 2nd ed., Vienna, p.43(1982)
 19. Matsuyama, A. : *Radiation Preservation of Food*(Proc. Symp., Bombay, Nov. 1972, IAEA/FAO). IAEA, Vienna, p.216(1973)
 20. Grecz, N., Lo, H., Kennedy, E. J. and Durban, E. : *Radiation Preservation of Food*(Proc. Symp., Bombay, Nov. 1972, IAEA/FAO). IAEA, Vienna, p.177(1973)
 21. David, F. S. : *Radiation Chemistry in Food Preservation*(Ionizing Energy Treatment of Foods. National Symp., Sydney, Oct. 1983). IAEA, Vienna, p.7(1984)
 22. 성현순, 김상달, 도재호, 유순자 : 홍백삼 보전성 연구 (해충방제). 한국인삼연구소 보고서, p.77(1982)
 23. Amuh, I. K. A. : *Food preservation by irradiation*. IAEA, Vienna, Vol. 1, p.197(1978)
 24. Salwin, H. : Defining minimum moisture contents for dehydrated foods. *Food Technol.*, **13**, 594(1959)
 25. Noh, H. W., Do, J. H., Kim, S. D., and Oh, H. I. : Effect of relative humidities on the qualities of white ginseng during storage : I. On the sorption isotherm and changes of TBA value, fat soluble and water soluble pigment (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **15**, 27(1983)
 26. Do, J. H., Noh, H. W., Kim, S. D. and Oh, H. I. : The effect of water activity on the storage stability of red ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.*, **5**, 108(1981)
 27. Park, K. D., Kim, W. J., Choi, J. H., Yang, J. W. and Sung, H. S. : Equilibrium relative humidity(ERH) relationships of red ginseng products. *Korean J. Ginseng Sci.*, **5**, 1(1981)
 28. Brockman, M. C. : Personal Communication. U.S. Army Natick R & D Center, Natick, Mass., p.149(1972)
 29. Kwon, J. H., Cho, H. O., Byun, M. W., Kim, S. W., Yang, J. S. and Lee, S. J. : Development of irradiation techniques for quality improvement of ginseng products(in Korean). *KAERI/RR-905-91*, The Ministry of Science and Technology in Korea, p.88(1991)

(1998년 6월 12일 접수)